

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН
ЭНЕРГИЯМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ**

УДК 631.3

DOI 10.52578/2305-9397-2021-2-1-101-107

Джапарова Д.А., магистр, старший преподаватель, **основной автор**,
ORCID ID 0000-0001-7023-7300

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009,
ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан», dinara_jra@mail.ru

Лелеш Н.В., магистр, старший преподаватель, ORCID ID 0000-0002-0227-3251

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009,
ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан», lelesh-79@mail.ru

Утемисова Н.Е., магистр, старший преподаватель, ORCID ID 0000-003-2921-6086

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009,
ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан», nyrchi@mail.ru

Japarova D.A., Master, Senior Lecturer, the main author

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan
Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan

Lelesh N.V., Master, Senior Lecturer

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan
Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan

Utemisova N.E., Master, Senior Lecturer

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan
Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan

**ВОПРОСЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

ISSUES OF ENERGY PROVISION TO AGRICULTURAL CONSUMERS

Аннотация

В статье представлен анализ основных потребителей электрической энергии, в сельскохозяйственном производстве, особенности системы электроснабжения сельских электрических сетей, представлены показатели потребления электрической энергии сельскохозяйственными потребителями от общей доли потребления. Подробно рассмотрены надежность работы трансформаторов, двигателей в сельскохозяйственном производстве в зависимости от условий эксплуатации, и качества, снабжаемой электрической энергии. Продемонстрированы подробные статьи затрат совокупного расхода энергии на тепловую энергию, затраты на производственные здания и сооружения АПК, и затраты на корма. Изложена проблема, обеспечение нормируемого качества электрической энергии потребителей агропромышленного комплекса, в связи с применением новейшего оборудования на современных сельскохозяйственных производствах. Рассмотрены меры по повышению энергетической эффективности в агропромышленном комплексе, что включает в себя системы комбинированной выработки электрической энергии, использование альтернативных источников энергии, использование современных технологий в животноводстве и растениеводстве, энергосбережение, а также новые технологии Smartgrid.

ANNOTATION

The article presents an analysis of the main consumers of electric energy in agricultural production, the features of the power supply system of rural electric networks, the indicators of the consumption of electric energy by agricultural consumers from the total share of consumption. Detailed cost items of the total energy consumption for thermal energy, the cost of industrial buildings and structures of the agro-industrial complex, and the cost of feed are described. An urgent problem is to ensure the normalized quality of electric energy of consumers of the agro-industrial complex, in connection with the use of the latest equipment in modern agricultural production. Measures to improve energy efficiency in the agro-industrial complex are considered, which includes combined power generation systems, the use of alternative energy sources, the use of modern technologies in animal husbandry and crop production, energy conservation, as well as new Smartgrid technologies. The article presents an analysis of the main consumers of electric energy in agricultural production, the features of the power supply system of rural electric networks, the indicators of electricity consumption by agricultural consumers from the total share of consumption are presented. The reliability of transformers and motors in agricultural production is considered in detail, depending on the operating conditions, and the quality of the supplied electrical energy. Detailed cost items of the total energy consumption for thermal energy, the cost of industrial buildings and structures of the agro-industrial complex, and the cost of feed are demonstrated. The problem of ensuring the normalized quality of electric energy of consumers of the agro-industrial complex, in connection with the use of the latest equipment in modern agricultural production, is described. Measures to improve energy efficiency in the agro-industrial complex are considered, which includes combined power generation systems, the use of alternative energy sources, the use of modern technologies in animal husbandry and crop production, energy conservation, as well as new Smartgrid technologies.

Ключевые слова: *качество электрической энергии, эксплуатация электрооборудования, агропромышленный комплекс (АПК), сельские электрические сети, энергетическая эффективность.*

Key words: *electricity quality, electrical equipment operation, agro-industrial complex (AIC), rural electricity networks, energy efficiency.*

Введение. Обеспечение электрической энергией, создание систем передачи, распределения и применения электрической энергии, является необходимым условием развития всех технологических отраслей, в том числе и сельскохозяйственного производства. [1] С момента реализации в 1920 году Государственного плана электрификации (ГОЭЛРО) было построено 30 электростанций суммарной мощностью 1,75 млн. кВт, что позволило Советскому Союзу выйти на третье место по производству электроэнергии. Это послужило импульсом для развития промышленности и сельскохозяйственного производства.

Особенностью построения системы электроснабжения заключалось в развитии централизованного электроснабжения и крупных электростанций, однако, в это время происходит и строительство не больших электростанций мощностью 40 кВт, использующих дизельное топливо. Необходимость в этом заключалась в том, чтобы обеспечить электрической энергией совхозы и колхозы, находящиеся в отдаленных от крупных центров территориях. Это было экономически не целесообразная, но временная мера. В настоящее время сельское хозяйство получает электрическую энергию от энергетических систем. Однако со временем построенные линии электропередач требуют модернизации и реконструкции. Текущее состояние электрификации сельского хозяйства характеризуется значительным износом. По данным авторов МСХА имени Тимирязева в советский период средний износ подстанций составлял 43,5 %, а в настоящее время 122,7%. По мнению 12 большинства исследователей наиболее слабым звеном являются распределительные электрические сети 10/0,4 кВ [2].

Электрическими сетями сельскохозяйственного назначения принято называть сети, в которых более 50% электрической нагрузки приходится на сельскохозяйственных потребителей: предприятия АПК, жилой и административный сектор на селе.

Особенностью сельских электрических сетей является большая протяженность. Общая протяженность линий электропередачи напряжением 35-1150 кВ. в Республике Казахстан составляет 24 893,46 км, при этом доля распределительных сетей 6-10 кВ (наиболее распространенных в сельском хозяйстве) велика. Доля аварийных отключений на этих линиях максимальна.

Протяженность сельских распределительных сетей уменьшают за счет их формирования разветвленные радиальные сети. Особенностью этих сетей являются высокие токовые нагрузки в начале линий и низкие в конце, при этом значения напряжений в различных точках сети отличаются, что оказывает влияние на качество электрической энергии.

Графики нагрузок сельскохозяйственных предприятий имеют свои особенности: максимумы нагрузок в утренние и вечерние часы с резким снижением в дневное время. Это связано с особенностью процесса доения животных и их кормления. В это же время убирают навоз, моют посуду, обрабатывают животных, при этом используется искусственное освещение производственных помещений. Известно [3], что число часов перерывов на этих линиях составляет 70-100 часов в год. Аварийные отключения на предприятиях АПК, относящихся к первой и второй категории по надежности электроснабжения, вызывает огромные экономические убытки. Электроснабжение питает климатические установки, обеспечивающие микроклимат животных. В случае отключения могут образовываться опасные концентрации вредных газов, что потенциально может вызвать отравление животных и их гибель. Особенно чувствительны к отключениям инкубаторы.

Большое значение в сельских распределительных электрических сетях играют трансформаторные подстанции, ключевым элементом в которых является силовой трансформатор. Около 60% затрат от первоначальной стоимости, в случае аварии, составляют работы по восстановлению нормальной работы трансформаторов. Существенными факторами, влияющими на надежность работы трансформаторов, являются условия эксплуатации, а именно, температурные режимы работы изоляции. Около 60% отказов связано с нарушением целостности электрической изоляции [4].

Не малую роль в функционировании надежности трансформаторов оказывают параметры качества электрической энергии (КЭ). Дополнительные потери активной мощности, вызванные протеканием токов нулевой последовательности и токи высших гармоник, приводят к локальным перегревам изоляции трансформаторов [5].

Неравномерный график нагрузок снижает эффективность работы трансформаторных подстанций, загружая их в утренние и вечернее время, а дневное время трансформаторы работают практически на холостом ходу. Это приводит к излишкам реактивной мощности распределительной электрической сети.

Характерной особенностью сельских распределительных электрических сетей является: распределенность по значительной, в сравнении с производственными объектами территории и преобладание однофазной нагрузки в виде электродвигателей насосов, сварочных трансформаторов, электрических нагревательных котлов и пр. При использовании в сельской местности трансформаторов соединенных по схеме обмоток звезда – звезда с нулём» У/Ун-0, в трансформаторе образуется большое сопротивление нулевой последовательности, что в итоге приводит к несимметрии фазных напряжений на вторичной обмотке трансформатора, дополнительным потерям короткого замыкания трансформатора.

В последнее время в сельском хозяйстве находит широкое применение полупроводниковая техника, обладающая нелинейными характеристиками: частотные преобразователи, используемые для регулирования частоты вращения электрических двигателей насосных установок и технологических установок.

Материал и методика исследования. Особенностью является то, что полупроводниковая техника, построенная на базе импульсных источников питания, создает импульсы тока, содержащие большое количество гармоник третьего и более высокого порядков и значительные высокочастотные составляющие.

Результатом гармонических составляющих, является возникновение вихревых токов и соответственно – потери, которые при полной нагрузке составляют около 10% [6].

Большинство технологических процессов в сельском хозяйстве связано использованием электрических двигателей, установленная мощность которых составляет около 80% от суммарной нагрузки потребителей сельскохозяйственного назначения. Электродвигатель, являясь конечным звеном многих технологических процессов, оказывает существенное влияние на качество выпускаемой продукции, а вынужденная остановка и простои вызывают экономические потери. Наибольшее количество электродвигателей применяется на механизированных участках животноводческих ферм и комплексов, в технологиях первичной обработки зерна. Основная доля электродвигателей – это асинхронные двигатели с фазным ротором мощностью до 6 кВт.

Условия работы электродвигателей в сельском хозяйстве нельзя назвать легкими – запыленность, высокая влажность, резкие перепады температуры в условиях повторно-кратковременных режимов работы, низкое качество подводимого напряжения приводят к поломкам и выходам из строя. Наиболее уязвимая часть электродвигателей – обмотка статора, на долю которой приходится от 60 до 80% повреждений. Это связано с частым перегревом обмотки, ее быстрым старением и разрушением.

Отметим что, одним из факторов, влияющих на нагрев обмотки – низкое качество электрической энергии: отклонение напряжения, несимметрия и несинусоидальность напряжения.

В случае отклонения напряжения, вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения на его выводах. Снижение напряжения приводит к изменению скорости вращения ротора двигателя. Скорость снижается, а в некоторых случаях двигатель может перейти в режим «опрокидывания», если момент сопротивления будет превышать вращающий момент двигателя.

Пониженное напряжение приводит к перегреву изоляции обмоток двигателя. При снижении напряжения на зажимах двигателя на 1%, реактивная мощность намагничивания уменьшается на 2-3%, при этом потребляемая мощность не меняется, что вызывает увеличение тока. Согласно исследованиям Бодылева А.С., Рябишиной Л.А. (2018) при снижении напряжения на 10%, ток двигателя возрастает на 10% от номинальной величины. Увеличение напряжения также негативно сказывается на надежности работы электродвигателя. Характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения приведены в таблице 1.

Таблица 1- Характеристика АД и допустимые значения отклонений напряжения (согласно данным <https://elib.gstu.by/>.)

№	Характеристика асинхронных двигателей	Отклонение напряжения	
		-10%	+10%
1	Пусковой момент	-19	+21
2	Скольжение	+23	-17
3	К.П.Д:		
4	- номинальная нагрузка	-2	+1
5	- 50% от номинальной	-2	+1
6	- 75% от номинальной	-(1-2)	(1-2)
7	Ток в роторе	+14	-11
8	Ток в статоре	+10	-7

Согласно данным (таблица 1) увеличение напряжения на 10% увеличивает ток статорной обмотки на 10А, а ток в обмотках ротора на 14%, что резко снижает срок службы электродвигателей и надежность их работы [7].

Результаты исследования. Таким образом, для повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных производств необходимо разрабатывать мероприятия и технологии, позволяющие поддерживать нормативный уровень напряжения.

Особенностью развития сельского хозяйства в настоящее время является его интенсивный рост. Это связано с большой модернизацией отрасли за счет государственной поддержки субсидирования сельхоз товаропроизводителей: свиноводство, овощеводство, тепличное

хозяйство, семеноводство и т.д. Основной целью развития сельскохозяйственной отрасли, является замещение импортной мясной и молочной продукции за счет развития животноводства, увеличение производства мяса и молока. Однако в животноводстве, как и в других отраслях, существуют свои проблемы.

Животноводство является затратным мероприятием – это связано с обеспечением хороших условий содержания животных, а также в обеспечении их качественными кормами. Корм, его хранение, вносят существенную долю расходов сельскохозяйственных предприятий. Известно, что независимо от вида животных основной составляющей корма является растительная пища, которая должна свежей и высушенной. Как правило, предприятие само участвует в подготовке кормов, планирует его запасы. Все это требует существенных затрат на топливно-энергетические ресурсы. В этой связи сельское хозяйство столкнулось с зависимостью цен на топливно-энергетические ресурсы от мировых цен, их дефицитом. Помимо высоких цен, имеются проблемы в надежном и качественном обеспечении электрической энергией отдельных территорий и хозяйств. Технологическое оборудование, выполняющее производственные процессы – является наиболее энергоемким элементов в технологической цепочке в животноводстве. По данным Чирковой И.Г., Бикейкиной И.А. (2015) ежегодное потребление электрической энергии в животноводстве находится на уровне 50 млрд. кВт·ч, что составляет около 40% от общего потребления электрической энергии в сельском хозяйстве. При этом росте производства продуктов животноводства на 1% требует дополнительных затрат расходы топлива и электрической энергии на 2-4%. В целом, на сельскохозяйственную отрасль приходится около 17% от общего энергопотребления. Потребность в сельскохозяйственной продукции растет, что по прогнозам через 10-15 лет вызовет удвоение энергопотребления. Анализ технологий производства продукции животноводства, проведенный Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л., Степанов В.П. (1990), позволяет квалифицировать энергетические затраты природных ресурсов в технологической последовательности их приложения. Биоэнергетический анализ процесса производства молока на молочном комплексе привязанного содержания на 1200 голов показал, что 47,33 % совокупной энергии приходится на корма и 49,48% на тепловую и электрическую энергию (Таблица 2).

Таблица 2 – Совокупный расход овеществленной энергии при производстве молока (комплекс на 1200 гол.) по данным Краусп В.Р. и др. (2001)

Статьи затрат совокупного расхода энергии	Затраты энергии, ГДж/год	В процентах итога, %
Производственные здания, сооружения, машины и оборудование	3,81	3,18
Тепловая и электрическая энергия	59,16	49,48
Корма	56,60	47,33
Всего	119,57	100

Таким, образом, с целью повышения эффективности энергетики сельского хозяйства Правительством РК разрабатываются меры по повышению энергетической эффективности в агропромышленном комплексе (АПК). Можно выделить следующие направления повышения энергетической эффективности в АПК [10,11]: 1) развитие систем комбинированной выработки электрической и тепловой энергии (когенерация и тригенерация энергии) 2) развитие распределенных и альтернативных источников энергии 3) повышение энергетической эффективности технологических цепочек для производства продукции животноводства и растениеводства за счет использования современных систем управления и новых материалов; 4) применение энергосберегающих циклов утилизации и рециркуляции тепловой энергии (гелиоустановки, тепловые насосы и т. п.); 5) модернизация существующих систем электроснабжения, переход их на адаптивные «умные» сети (SmartGrid) с использованием интеллектуальных элементов защиты и распределения электрической энергии. Переход на современные сети с использованием технологий SmartGrid позволит повысить качество электрической энергии, которой снабжаются современные сельскохозяйственные предприятия,

снизить аварии и простои оборудования, повысить энергетическую эффективность в системах транспортировки, преобразования и распределения электроэнергии.

SPISOK LITERATURY

1. Borodin I.F. Energoobespechenie selskogo hozyaistva // *Tehnika v selskom hozyaistve*. – 1994. – №4. – S.8 – 13.
2. Krausp V.R., Rasstrigin V.N., Korşunovi B.P. Metodika energeticheskogo monitoringa selskohozyaistvennyh obektov, vyyavlenie rezervov i potentsiala ekonomii toplivnoenergeticheskikh resursov TER. - M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2001. – S. 35.
3. Naumov I.V., Lanin A.V., Nikolaenko E.V. Prognozirovaniye chisla avariinykh otklchenii v selskikh liniyah elektropredachi napryajeniyem 10 kV. // *Vestnik IrGSHA*. - 2014. - № 65. - S. 91-96.
4. Farhadzade E.M., Muradaliev A.Z., Farzaliev .Z. Klassifikatsiya obektov energosistem po pokazatelyam nadejnosti i ekonomichnosti raboty // *Energetik*. - 2015. - № 8. - S. 27-29.
5. Vinogradov V.V., Vinogradova A.V., Bolşev V.E. Ustroystva i sistema monitoringa nadejnosti elektrosnabjeniya i otkloneniya napryajeniya v elektricheskikh setyah 0,38 kV // *Vestnik NGIEI*. - 2017. - № 11 (78). - S. 69-81.
6. Şevchenko A.F., Pristup A.G., Novokreenov O.I., Toporkov D.M., Korneev V.V. // *Osobennosti konstruksii i proektirovaniya energoeffektivnykh magnitoelektricheskikh elektrodvigateli obepromyşlennogo naznacheniya* // *Elektrotehnika*. - 2014. - № 12. - S. 41-44.
7. Bodayev A.S., Ryabişina L.A. Garmonicheskie iskajeniya pri rabote preobrazovately chastyoty // *Povyşenie nadejnosti i energoeffektivnosti elektrotehnicheskikh sistem i kompleksov: meyvuz. sb. nauch. tr.* - Ufa: Energodiagnostika, 2018. - 347 s.
8. Edinoe okno dostupa k obrazovatelnyim resursam: informatsionnaya sistema. - [Elektronnyi resurs]. – Rejim dostupa: URL: <https://elib.gstu.by/>.
9. Chirkova I.G., Bikeikina I.A. Gosudarstvennaya podderjka energosberegayey deyatelnosti selskohozyaistvennykh predpriyatii // *Ekonomika selskohozyaistvennykh i pererabatyvaykh predpriyatii*. – <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=440177>
10. Jejelenko I.V., Saenko .L., Stepanov V.P. Metody veroyatnostnogo modelirovaniya v raschetah harakteristik elektricheskikh nagruzok potrebiteli. - M.: Energoatomizdat, 1990. - 128 s.
11. Bogdanov V.L., Denisenko E.V. Sopostavlenie modelei operativnogo prognoza uzlovnykh nagruzok // *Izv. AN SSSR. Ser. Energetika i transport*. - 1982. - № 3. - S.3-10.

ТҮЙІН

Ауыл шаруашылығы өндірісіндегі электр энергиясының негізгі тұтынушыларының талдауы, ауылдық электр желілерін электрмен жабдықтау жүйесінің ерекшеліктері, тұтынудың жалпы үлесінен ауыл шаруашылығы тұтынушыларының электр энергиясын тұтыну көрсеткіштері ұсынылған. Жылу энергиясына жұмсалатын энергияның жиынтық шығыны, агроөнеркәсіптік кешеннің өндірістік ғимараттары мен құрылыстарына жұмсалатын шығындар және жем шығындары егжей-тегжейлі сипатталған. Қазіргі заманғы ауыл шаруашылығы өндірістерінде жаңа жабдықтарды қолдануға байланысты агроөнеркәсіптік кешен тұтынушыларын электр энергиясының нормаланатын сапасын қамтамасыз ету өзекті проблема болып табылады. Агроөнеркәсіптік кешенде энергия тиімділігін арттыру бойынша шаралар қаралды, оған электр энергиясын құрамдастырылған өндіру жүйесі, баламалы энергия көздерін пайдалану, мал шаруашылығы мен өсімдік шаруашылығында заманауи технологияларды пайдалану, энергия үнемдеу, сондай-ақ Smartgrid жаңа технологиялары кіреді. Мақалада электр энергиясының негізгі тұтынушыларына, ауылшаруашылық өндірісіне, ауылдық электр желілерін электрмен жабдықтау жүйесінің ерекшеліктеріне талдау жасалады, тұтынудың жалпы үлесінен ауыл шаруашылығы тұтынушыларының электр энергиясын тұтыну көрсеткіштері ұсынылған. Трансформаторлардың, Ауылшаруашылық өндірісіндегі қозғалтқыштардың жұмыс жағдайларына және электр энергиясымен қамтамасыз етілетін сапаға байланысты сенімділігі егжей-тегжейлі қарастырылады. Жылу энергиясына жұмсалатын энергияның жиынтық шығыны, АӨК өндірістік ғимараттары мен құрылыстарына жұмсалатын шығындар және азыққа жұмсалатын шығындардың егжей-тегжейлі баптары көрсетілді. Қазіргі

заманғы ауыл шаруашылығы өндірістерінде жаңа жабдықтарды қолдануға байланысты агроөнеркәсіптік кешен тұтынушыларын электр энергиясының нормаланған сапасын қамтамасыз ету проблемасы баяндалған. Агроөнеркәсіптік кешенде энергия тиімділігін арттыру бойынша шаралар қаралды, оған электр энергиясын құрамдастырылған өндіру жүйесі, баламалы энергия көздерін пайдалану, мал шаруашылығы мен өсімдік шаруашылығында заманауи технологияларды пайдалану, энергия үнемдеу, сондай-ақ Smartgrid жана технологиялары кіреді.